

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-326526

(43)Date of publication of application : 16.12.1997

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 08-143963

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 06.06.1996

(72)Inventor : HIRAMOTO KIYOHISA  
SAGAWA MISUZU  
TOYONAKA TAKASHI

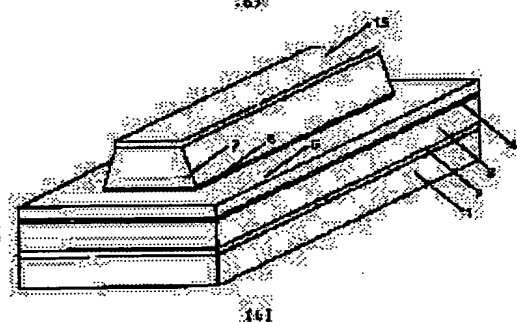
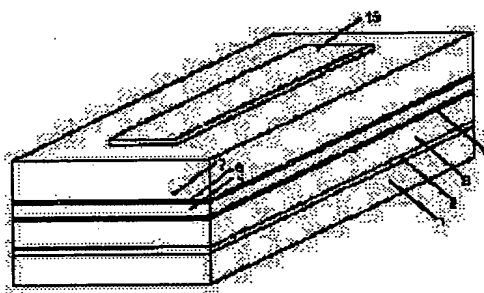
## (54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND METHOD OF FABRICATING THE SAME

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor laser device in which a ridge is formed in an area other than around a laser end face and a quantum well structure consisting of an active layer which is not positioned around the ridge and an active layer of the laser end face is made in a mixed crystal state, thereby making the active layer of the laser end face transparent for a laser beam with excellent controllability without causing damages or rapid deterioration to the boundary face.

**SOLUTION:** On a substrate 1, a buffer layer 2, a clad layer 3, a distortion quantum well active layer 4 constructed by a barrier layer and a strained quantum well layer, a clad layer 5, an optical waveguide and etch stop layer 6, and a clad layer 7 are sequentially formed by an MOCVD method. An SiO<sub>2</sub> oxide layer 15 is formed on the clad layer 7, and the clad layer 7 is etched with concentration hydrochloric acid by using the layer 15 as a mask, thereby forming a ridge.

Further, the optical waveguide and etch stop layer 6 is removed. After that, the substrate on which the ridge is formed is conveyed into an ion implanter and a hydrogen ion is implanted so that the quantum well structure except for a part around the ridge has the mixed crystal. The active layer of the end face can be made transparent for the laser beam.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-326526

(43)公開日 平成9年(1997)12月16日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

FI

H01S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全6頁)

(21)出願番号 特願平8-143963

(22)出願日 平成8年(1996)6月6日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 平本 清久

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 佐川 みすず

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 豊中 隆司

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株

式会社日立製作所情報通信事業部内

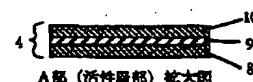
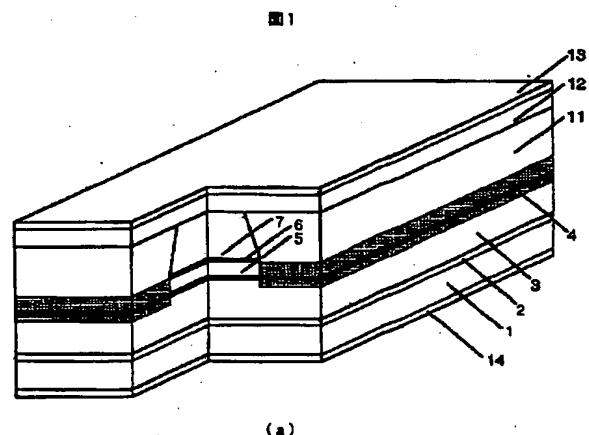
(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】高出力半導体レーザの端面をレーザ光に対して透明化し、素子の高信頼度化を実現する。

【解決手段】第一の導電性を有する半導体基板上に形成された第一の導電性を有するクラッド層、量子井戸構造を有する活性層、第二の導電性を有するクラッド層、第二の導電性を有するクラッド層により形成されたリッジからなる半導体レーザ装置において、リッジをレーザ端面から離間させて形成し、リッジ及びその近傍以外の活性層、及びレーザ端面部の活性層の量子井戸構造を混晶化し、又は活性層の超格子を無秩序化する。混晶化、又は無秩序化にはZn, SiやSeの拡散、又はH, As, P, Ga, Zn, Se、又はSiイオン又は原子のインプランテーションを用いる。



(b)

(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第一の導電性を有する半導体基板上に形成された第一の導電性を有するクラッド層、量子井戸構造を有する活性層、第二の導電性を有するクラッド層、前記第二の導電性を有するクラッド層により形成されたリッジを含む半導体レーザ装置において、前記リッジがレーザ端面近傍以外の領域に形成され、前記リッジ近く以外の活性層、レーザ端面部の活性層の量子井戸構造が混晶化されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】第一の導電性を有する半導体基板上に形成された第一の導電性を有するクラッド層、超格子化した半導体結晶からなる活性層、第二の導電性を有するクラッド層、前記第二の導電性を有するクラッド層により形成されたリッジを含む半導体レーザ装置において、前記リッジがレーザ端面近傍以外の領域に形成され、かつリッジ近傍以外の活性層、及びレーザ端面部の活性層の超格子構造が無秩序化されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項3】請求項1または請求項2において、前記リッジが端面から10 $\mu$ m以上離れて形成されている半導体レーザ装置。

【請求項4】請求項1、2または3において、前記半導体基板がn型(001)GaAs基板、前記第一の導電性を有するクラッド層がn型InGaP層、前記量子井戸構造がInGaAs量子井戸層とInGaAsP障壁層からなり、前記第二の導電性を有するクラッド層がp型InGaP層である半導体レーザ装置。

【請求項5】請求項1、2または3において、前記半導体基板がn型(001)GaAs基板、前記第一の導電性を有するクラッド層がn型AlGaInP層、前記活性層が自然超格子化したInGaPからなり、前記第二の導電性を有するクラッド層がp型AlGaInP層である半導体レーザ装置。

【請求項6】前記活性層の混晶化又は前記活性層の自然超格子又は人為的に形成された超格子の無秩序化を、前記リッジを形成した後に行うことを特徴とした請求項1乃至5のいずれか記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】請求項6において、前記活性層の混晶化又は前記活性層の自然超格子又は人為的に形成された超格子の無秩序化が前記第二のクラッド層を通した原子又はイオンの拡散により行われる半導体装置の製造方法。

【請求項8】請求項7において、前記活性層の混晶化又は前記活性層の自然超格子又は人為的に形成された超格子の無秩序化が前記第二のクラッド層を通したZn又はSi又はSeの拡散により行われる半導体装置の製造方法。

【請求項9】請求項6において、前記活性層の混晶化又は前記活性層の自然超格子又は人為的に形成された超格子の無秩序化が前記第二のクラッド層を通したイオン又は原子のインプラネーションにより行われる半導体装

2

置の製造方法。

【請求項10】請求項9において、前記活性層の混晶化又は前記活性層の自然超格子又は人為的に形成された超格子の無秩序化が前記第二のクラッド層を通したH又はAs又はP又はGa又はZn又はSe又はSiイオン又は原子のインプラネーションにより行われる半導体装置の製造方法。

【請求項11】請求項6乃至10のいずれかにおいて、前記リッジの形成がSiO<sub>2</sub>又はSiNの絶縁膜をマスクとしたドライエッチング又はウェットエッチングにより行われ、前記絶縁膜をマスクとして拡散又はインプラネーションを行う半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はリッジを有する高出力半導体レーザ装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、希土類添加光ファイバ増幅器励起光源として盛んに研究されている0.98 $\mu$ m帯半導体レーザ等の高出力レーザでは、端面における界面準位を介した漏れ電流等による発熱によりレーザ端面部がレーザ光の吸収領域となり、発熱によるその領域での光学損傷(Catastrophic Optical Damage: COD)がレーザの高信頼度化及び高出力化の妨げとなっている。これに対し特開昭63-56979号公報には、端面部にZnを拡散させてAlGaAsとGaAsからなる量子井戸構造を混晶化させ、端面部の活性層のバンドギャップをそれ以外の領域の活性層のバンドギャップよりも大きくして、レーザ光に対して端面部を透明領域とする構造がレーザの高信頼度化、高出力化を実現するために提案されている。また特開平1-319981号公報には、活性層の量子井戸構造の混晶化の手法としてイオンのインプラネーションを行うことが提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】半導体レーザでは、光を安定的に導波するためにクラッド層の厚さは数 $\mu$ m必要である。このため従来のクラッド層を通した活性層への原子又はイオンの拡散やインプラネーションの場合には、長時間の拡散や高エネルギーのインプラネーションが必要であった。このため長時間の熱処理による端面部以外の活性層の量子井戸構造内の相互拡散による界面急峻性の低下や、図5(a)に示すようなインプラネーションによるダメージが生じ、素子の信頼性や特性の低下を招いていた。また、長距離のインプラネーションや長時間の拡散は、インプラネーションまたは拡散したイオンまたは原子の基板と水平方向の拡散を招き、混晶化や無秩序化を行う活性層の領域の制御性に問題があった(図5(a), (b))。本発明はこのようなダメージや界面の急峻性の低下を招くことなく、かつ制御性良くレーザ端面部の活性層を混晶化や無秩序化すること

(3)

3

を目的とする。

#### 【0004】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は第一の導電性を有する半導体基板上に形成された第一の導電性を有するクラッド層、及び量子井戸構造を有する活性層、第二の導電性を有するクラッド層、及び前記第二の導電性を有するクラッド層により形成されたリッジからなる半導体レーザ装置において、リッジをレーザ端面近傍以外の領域に（即ち、レーザ出射端面から離間させて）形成し、かつリッジを形成した後

にリッジ近傍以外の活性層、及びレーザ端面部の活性層の量子井戸構造を混晶化するか、または活性層の自然超格子又は人為的に形成された超格子を無秩序化する。混晶化、または無秩序化は、例えばZn、SiやSeの拡散、又はH、As、P、Ga、Zn、Se、又はSiイオン又は原子のインプラネーションを用いることができる。

【0005】この様に端面部以外にリッジを形成し、かつリッジを形成した後には拡散やインプラネーションを行った場合の端面に対して垂直方向の端面部の断面を図6に示した。この場合図のように拡散やインプラネーションの距離は数百nmであるため、拡散やインプラネーションはより短時間で、かつ低エネルギーで行えばよい。このためインプラネーションのダメージや相互拡散による界面のだれ、長時間の熱処理による拡散種、インプラネーション種の基板に対して水平方向の拡散を生じさせることなく端面の透明化が実現できる。

【0006】またHのように結晶を半絶縁化する原子又はイオンを拡散又はインプラネーションした場合には、図7に示す様に基板と水平方向の漏れ電流も低減でき、レーザのしきい電流や効率などの特性を向上することができる。さらにこの場合には端面部に電流が注入されず、端面部の発熱が抑制されるため、端面透明化と合わせてより高出力化、高信頼度化が可能となる。

#### 【0007】

##### 【発明の実施の形態】

〈実施例1〉本発明の第1の実施例を図1及び図2を用いて説明する。図1(a)は構造図を、図1(b)は活性層の拡大図を示している。

【0008】まず、素子の作製方法について述べる。n-GaAs基板1上にGaAsバッファ層2、GaAs基板に格子整合したn-InGaPクラッド層3（クラッド層厚 $1.5\mu\text{m}$ ）、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 障壁層（ $x=0.82$ 、 $y=0.63$ 、障壁層厚 $35\text{nm}$ ）8及び10と $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ 歪量子井戸層（ $z=0.16$ 、井戸層厚 $7\text{nm}$ ）9から構成される歪量子井戸活性層4、GaAs基板に格子整合したp-InGaPクラッド層（クラッド層厚 $0.25\mu\text{m}$ ）5、p-GaAs光導波路兼エッチストップ層6、GaAsに格子整合したp-InGaPクラッド層（クラッド層厚 $0.65\mu\text{m}$ ）7をM

4

OCVD法により順次形成する。

【0009】次にp-InGaPクラッド層7上に長さ $900\mu\text{m}$ 、幅 $5\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ 酸化膜15を形成し

（図2(a)）、それをマスクとして濃塩酸によりp-InGaPクラッド層7をエッチングしリッジを形成する（図2(b)）。次に硫酸系のエッチング液でp-GaAs光導波路兼エッチストップ層6を除去する。その後リッジを形成した基板をイオンインプラネーション装置内に搬送し、水素イオンを注入した。これによりリッジ近傍以外のInGaAs/InGaAsP量子井戸が混晶化する。

【0010】次に再び基板をMOCVD装置内に搬入し、n-InGaP電流狭窄層11を選択成長する。その後成長炉からウエファを取り出し、エッチングにより選択成長マスクとして用いた酸化膜15を除去する。その後、p-GaAsコンタクト層12を形成する。p側電極13、n側電極14を形成した後、図1(a)の様にリッジ端から $25\mu\text{m}$ の位置を劈開し、共振器長約 $950\mu\text{m}$ のレーザ素子を得た。

【0011】この後、素子の前面に $\lambda/4$ （ $\lambda$ :発振波長）の厚みの $\text{SiO}_2$ による低反射膜を、素子の後面に $\text{SiO}_2$ とa-Siからなる4層膜による高反射膜を形成した。その後、素子を接合面を下にして、ヒートシンク上にボンディングした。

【0012】イオン注入を行った後に、埋め込み成長を行わずに基板をMOCVD装置から取り出し、顕微鏡ホルミネッセンス測定装置により評価した結果、リッジ下部の活性層のホルミネッセンスピーク波長は $975\text{nm}$ であったのに対し、端面部のピーク波長は $950\text{nm}$ であり、水素イオンの注入により量子井戸構造が混晶化していることが確認できた。

【0013】試作した素子は、しきい値電流約 $10\text{mA}$ で室温連続発振し、その発振波長は約 $980\text{nm}$ であった。端面破壊光出力（Pc）は、 $600\text{mW}$ であり、端面部までリッジが形成され、水素イオンの注入を行わなかった素子の $350\text{mW}$ に比べ大幅に向上した。これは端面部のバンドギャップが拡大していることによるレーザ光に対する端面の透明化の効果による。

【0014】また、30素子について環境温度 $80^\circ\text{C}$ の条件下で $100\text{mW}$ 定光出力連続駆動させたところ、初期駆動電流は約 $140\text{mA}$ であり、全ての素子で10万時間以上安定に動作した。

【0015】リッジを形成する前に水素イオンの注入を行った場合についても、同様の手順で素子を作製した。この場合には、注入させる距離が長いために、十分な活性層のバンドギャップのシフトを得るには、高電圧による水素イオンの加速が必要であった。このため結晶中に欠陥が多量に形成され、素子のしきい値電流は $20\text{mA}$ 環境温度 $80^\circ\text{C}$ の条件下で $100\text{mW}$ 定光出力における初期駆動電流は $200\text{mA}$ と高く、素子の平均寿命は約1000時間でしかなかった。

(4)

5

【0016】これらのことから、イオン注入をリッジの形成後に行うことが、素子の特性及び信頼性の向上に効果的であることが分かる。なお本実施例ではレーザ端面両側の透明化を行っているが、レーザ光の出射側のみ透明化を行っても同様の効果が得られた。また、As又はP又はGa又はZn又はSe又はSiイオンのインプラネーションによっても水素イオンと同様の効果が得られた。

【0017】〈実施例2〉本発明の第2の実施例を図3及び図4を用いて説明する。図3(a)は構造図を、図3(b)は活性層の拡大図を示している。次に、素子の作製方法について述べる。

【0018】n-GaAs基板16上にGaAsバッファ層17、n-(Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層(層厚1.5μm)18、(Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P障壁層(障壁層厚5nm)24及び26とIn<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P量子井戸層(井戸層厚8nm)25から構成される量子井戸活性層19、p-(Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層(層厚0.3μm)20、p-GaAsエッチストップ層(層厚2nm)21、p-(Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層(膜厚1.0μm)22、p-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pキャップ層23(膜厚20nm)をMOCVD法、またはガスソースMBE法により順次形成する。次にp-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pキャップ層23上に長さ900μm、幅5μmのSiO<sub>2</sub>絶縁膜31を形成し(図4(a))、それをマスクとして濃塩酸でp-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pキャップ層23及びp-(Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層22をエッチングしリッジを形成する(図4(b))。

【0019】次に硫酸系のエッチング液によりp-GaAsエッチストップ層21を除去する。その後リッジを形成した基板をMOCVD装置内に搬送し、ホスフィン(PH<sub>3</sub>)及びジメチルジンク(DMZn)雰囲気中で600℃で2時間アニールする。このアニーリングによりZnが固相中に拡散し、InGaP量子井戸の自然超格子が無秩序化される。次にジメチルジンクの供給をやめ、ホスフィン雰囲気中で650℃まで温度を上げ、温度が安定した後にn-GaAs電流狭窄層27(膜厚0.8μm)を選択成長する。

【0020】その後成長炉からウエファを取り出し、エッチングにより選択成長マスクとして用いた酸化膜31を除去する。その後、p-GaAsコンタクト層28(膜厚0.8μm)を形成する。p側電極29、n側電極30を形成した後、図の様にリッジ端から25μmの位置を劈開し、共振器長約1000μmのレーザ素子を得た。

【0021】この後、素子の前面にλ/4(λ:発振波長)の厚みのSiO<sub>2</sub>による低反射膜を、素子の後面にSiO<sub>2</sub>とa-Siからなる4層膜による高反射膜を形成した。その後、素子を接合面を下にして、ヒートシン

6

ク上にボンディングした。

【0022】拡散を行った後に、埋め込み成長を行わずに基板をMOCVD装置から取り出し、顕微ホトルミネッセンス測定装置により評価した結果、リッジ下部の導波路内の活性層のホトルミネッセンスピーク波長は875nmであったのに対し、端面部のピーク波長は650nmであり、Znの拡散により端面部の量子井戸層の自然超格子が無秩序化していることが確認できた。

【0023】試作した素子は、しきい値電流約40mAで室温連続発振し、その発振波長は約685nmであった。端面破壊光出力(Pc)は、85mWであり、端面部までリッジが形成され、Znの拡散を行わなかった素子の40mWに比べ大幅に向上した。これは端面部のバンドギャップが拡大していることによる、レーザ光に対する端面の透明化の効果による。

【0024】また、30素子について環境温度60℃の条件下で30mW定光出力連続駆動させたところ、初期駆動電流は約90mAであり、全ての素子で10万時間以上安定に動作した。

【0025】リッジを形成する前にZn拡散を行った場合についても、同様の手順で素子を作製した。この場合には、拡散させる距離が長いために、十分な活性層のバンドギャップのシフトを得るには、ホスフィン(PH<sub>3</sub>)及びジメチルジンク(DMZn)雰囲気中で600℃で8時間アニールする必要があった。このためZnを拡散した以外の活性層においても、界面の相互拡散により界面の急峻性が低下し、素子のしきい値電流は60mA、環境温度60℃の条件下で30mW定光出力における初期駆動電流は120mAと高く、素子の平均寿命は約1万時間でしかなかった。このことから、拡散をリッジの形成後に行うことが、素子の特性及び信頼性の向上に効果的であることが分かる。

【0026】なお本実施例ではレーザ端面両側の透明化を行っているが、レーザ光の出射側のみ行っても同様の効果が得られた。また、Si又はSeの拡散によってもZn拡散と同様の効果が得られた。

【0027】

【発明の効果】本発明により、高出力半導体レーザの結晶性や量子井戸構造中の界面の急峻性を低下させることなく端面部の活性層をレーザ光に対して透明化でき、高出力半導体レーザの高信頼度化が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第1の実施例のレーザ素子の構造を示す部分断面斜視図およびその一部拡大断面図。

【図2】本発明による第1の実施例のレーザ素子の製造工程を示した斜視図。

【図3】本発明による第2の実施例のレーザ素子の構造を示す部分断面斜視図およびその一部拡大断面図。

【図4】本発明による第2の実施例のレーザ素子の製造工程を示した斜視図。

(5)

7

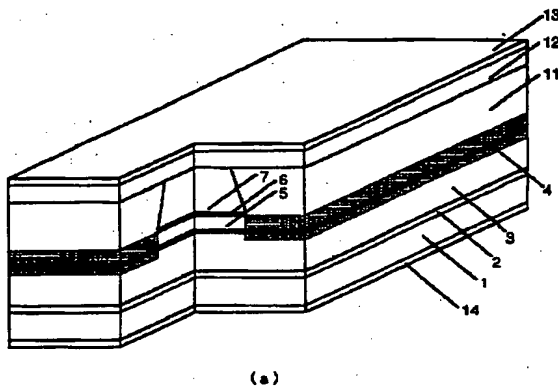
【図5】従来の技術により端面部にインプラメンテーション又は拡散した多層構造を示す断面図。

【図6】本発明により端面部にインプラメンテーション又は拡散した多層構造を示す断面図。

【図7】本発明により端面部にインプラメンテーション又は拡散したレーザ構造における電流の流れを示した説明

【図1】

図1



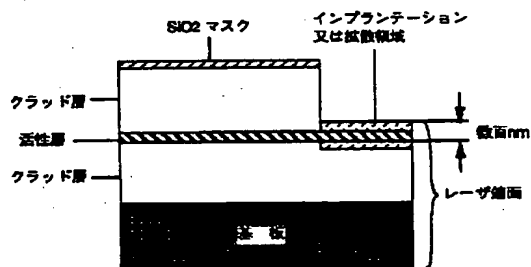
(a)



(b)

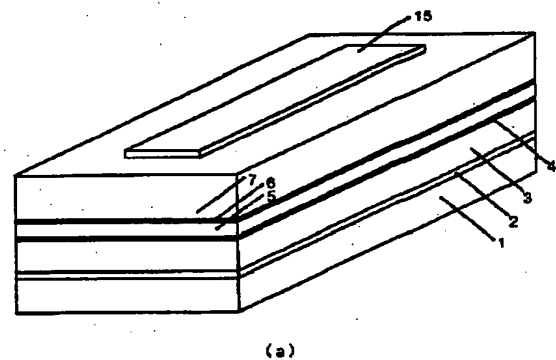
【図6】

図6

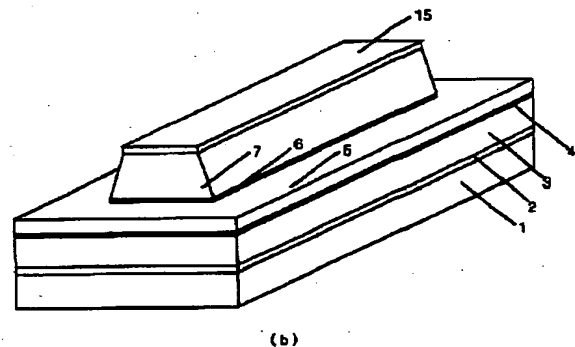


【図2】

図2



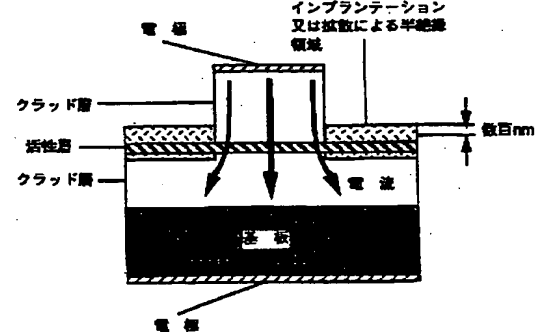
(a)



(b)

【図7】

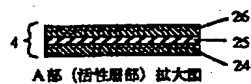
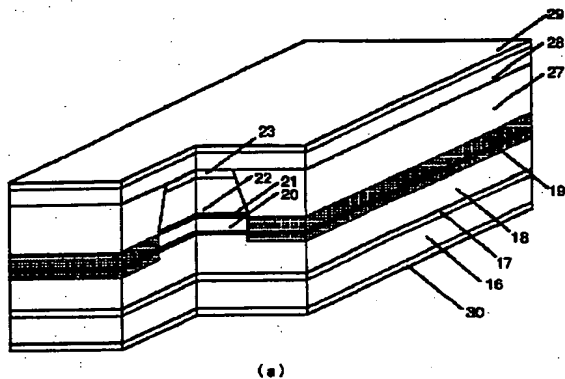
図7



(6)

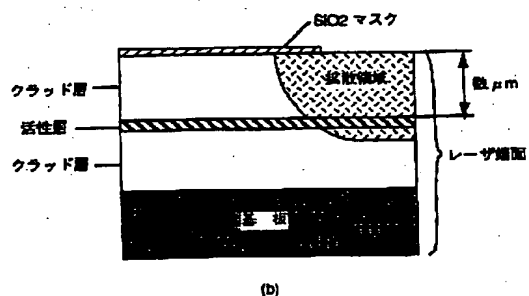
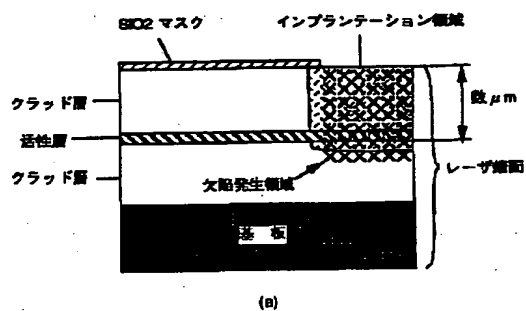
【図3】

図3



【図5】

図5



【図4】

図4

